

Potensi Batuan Induk Hidrokarbon pada Formasi Cinambo di Daerah Majalengka, Jawa Barat

Hydrocarbon source rocks potential of the Cinambo Formation in the Majalengka Area, West Java

Praptisih dan Kamtono

Pusat Penelitian Geoteknologi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jalan Sangkuriang, Komplek LIPI Bandung
E-mail: praptie3103@yahoo.com

Naskah diterima : 12 Oktober 2015, Revisi terakhir : 3 Februari 2016, Disetujui : 4 Februari 2016

Abstrak - Penelitian endapan klastik berbutir halus dan karakteristik litofasies batuan Formasi Cinambo bertujuan untuk memperkirakan potensi batuan induk dalam menghasilkan minyak dan gas di daerah Majalengka. Pengambilan 14 contoh batuan dilakukan untuk analisis geokimia di laboratorium yaitu analisa kandungan TOC , analisis Pirolisis *Rock-Eval* dan GC-MS. Hasilnya menunjukkan nilai TOC sebesar 0,42 – 1,90 %, potensi rendah hingga baik untuk membentuk hidrokarbon. Hasil analisis pyrolysis *Rock-Eval* memperlihatkan T max sebesar 359°- 475°C termasuk kategori belum matang hingga paska matang. Berdasarkan nilai HI sebesar 12 – 114 mg HC/g TOC, fasies organik di daerah penelitian dapat dibagi menjadi 2 fasies yaitu fasies CD dan D, dapat menghasilkan minyak dalam kuantitas sedang dan gas dalam kuantitas relatif kecil. Tipe kerogen Formasi Cinambo di daerah penelitian berdasarkan diagram TOC versus PY menunjukkan tipe kerogen III, termasuk oil prone dan gas prone. Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa batuan induk di daerah penelitian mempunyai kondisi lingkungan pengendapan yang material organiknya berasal dari tanaman darat.

Kata Kunci - batulempung, batuan induk, hidrokarbon, Formasi Cinambo, TOC.

Abstract - The study of fine-grained clastics sediments and lithofacies characteristics of the Cinambo Formation were performed to identify the potential of source rocks hydrocarbon in the Majalengka Area. 14 (fourteen) samples were collected and subjected for geochemical analyses (TOC, Rock-Eval Pyrolysis, and GC-MS analyses). The TOC's content ranges from 0.42 to 1.90%, low to good category in hydrocarbon generation. The Rock-Eval Pyrolysis shows that the T max valve arround 359°– 475°c, which indicates early mature to post mature level in maturity. Based on the organic facies classification was divided into 2 (two) facies, Facies CD and Facies D. This shows by the HI's values around 12-114 mg HC/g TOC. The TOC vs Py and S₂ vs TOC diagram show that the clay of the Cinambo Formation mainly consists of kerogen type III, indicates the oil and gas prone category. GCMS analysis shows that the source rocks in the study area has the depositional environtment of the organic material derived from land plants.

Keywords - claystone, source rock, hydrocarbon, Cinambo Formation, TOC.

PENDAHULUAN

Cekungan sedimen berkarakter laut dalam di Pulau Jawa berkembang mulai awal Tersier terbentang mulai dari Zona Bogor di bagian Barat hingga Zona Kendeng di bagian timurnya. Secara fisiografi jalur ini membentang di tengah pulau Jawa dan disebut Bogor–North Serayu-Kendeng *Anticlinorium* (Van Bemmelen, 1949) atau Bogor-North Serayu –Kendeng *deepwater zone* (Setyana, 2004). Secara tektonik Cekungan Bogor merupakan Cekungan Busur Belakang (*Back-arc basin*) terhadap busur volkanik Oligo-Miosen yang berada di selatannya.

Wilayah Jawa Barat, Majalengka merupakan daerah yang termasuk dalam zona Bogor bagian timur. Batuan sedimen yang terendapkan di daerah Majalengka ini bersumber dari Pegunungan Selatan (Martodjojo, 1984), sedangkan Satyana dan Armadita (2004) menyimpulkan sumber sedimen berasal dari utara dan selatan. Sebaliknya, Clement drr. (2009) mengatakan bahwa tidak ada indikasi sumber sedimen berasal selatan, namun justru berasal dari barat dan utara. Mulyana dan Watanabe (2012) menyimpulkan bahwa sumber sedimen berasal dari magmatik Oligosen yang berada di bagian Selatan dan tinggian dari jalur sesar dan lipatan yang berada di bagian Utara. Secara umum karakteristik endapan sedimen Miosen di daerah Majalengka adalah endapan turbidit yang berkembang dari selatan ke utara dan kini telah terlipat dan teresarkan (Koesoemadinata dan Martodjojo, 1974; Martodjojo, 1984).

Hal yang menarik wilayah Majalengka ini adalah di dijumpainya rembesan minyak yang muncul pada endapan volkanik muda. Rembesan minyak ini dijumpai di daerah Sukamurni, Kecamatan Maja. Menurut keterangan penduduk setempat rembesan minyak tersebut pernah dikumpulkan dan diolah dan minyak yang dihasilkan dimanfaatkan oleh penduduk setempat untuk bahan bakar memasak.

Adanya rembesan minyak atau gas di sepanjang zona Bogor, khususnya di daerah Majalengka ini memberikan indikasi terdapatnya batuan sumber yang dapat menggenerasi minyak. Secara stratigrafi kedudukan batuan sumber tersebut berada di bawah batuan volkanik muda. Yang menjadi pertanyaan dalam studi ini adalah dari mana dan jenis batuan apa, serta seberapa potensi hidrokarbon yang dapat dikeluarkan dari dalam batuan sumber/ batuan induk tersebut.

Secara teoritis Karakteristik umum batuan induk adalah batuan sedimen klastik berbutir halus umumnya berwarna gelap karena mengandung material organik, yang dalam kedudukannya di alam telah, sedang

menghasilkan dan melepas hidrokarbon yang dapat berakumulasi sebagai minyak atau gas (Brooks, 1987, *op.cit* Einsele, G., 2000). Studi geokimia batuan induk akan memberikan informasi jumlah prosentase kandungan material organiknya tiap satuan volume, tingkat kematangan serta kemampuan batuan induk untuk dapat melepaskan kandungan hidrokarbonnya, sehingga gambaran potensi batuan induk dapat diketahui. Dalam tulisan ini disajikan hasil studi geokimia batuan yang diduga sebagai batuan induk yang sebagian besar contoh yang diambil adalah batuan berbutir halus jenis lempung dan serpih yang berada dalam Formasi Cinambo. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi batuan induk pada Formasi Cinambo di daerah Majalengka. Beberapa contoh singkapan terpilih dikoleksi dan dianalisa geokimia meliputi kandungan material organik dan analisis *Rock-Eval*. Penelitian batuan sumber (*source rock*) di Indonesia masih kurang, beberapa penulis telah mengungkapkan karakteristiknya di beberapa wilayah (Subroto, 2015; Hermiyanto dan Panggabean, 2014; Hermiyanto, drr., 2015).

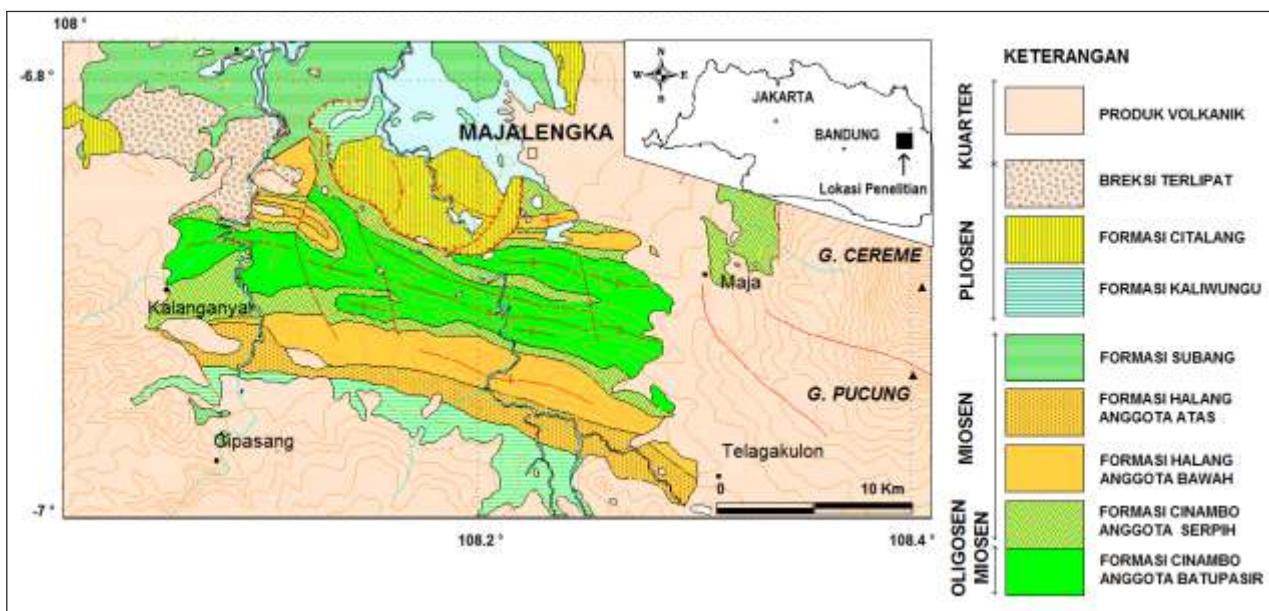
METODOLOGI

Kerangka Pemikiran

Cekungan Jawa Barat Utara merupakan Cekungan yang berada pada bagian selatan tepian Paparan Sunda yang diisi oleh endapan Tersier. Cekungan ini berada di wilayah laut maupun di wilayah daratan, dan dikenal sebagai cekungan penghasil hidrokarbon. Di bagian selatan dari Cekungan Jawa Barat Utara adalah Cekungan Bogor yang sebagian besar tertutup oleh endapan volkanik muda. Dijumpainya rembesan minyak pada batuan yang termuda di Cekungan Bogor, maka diduga bahwa di bagian bawah terdapat batuan yang dapat menggenerasi minyak. Dengan melakukan pengamatan, pengukuran sifat kimia-fisika dari batuan yang lebih tua yang berkarakter sebagai batuan induk, dalam hal ini batuan dari Formasi Cinambo dan yang diduga sebagai batuan induk maka akan diketahui potensinya.

Metode Pengumpulan Data

Dalam studi ini diawali dengan penelusuran pustaka yang berkaitan dengan cekungan-cekungan sedimen yang telah terbukti mengandung sejumlah hidrokarbon. Dalam studi batuan induk yang dilakukan adalah pengamatan karakteristik batuan yang berpotensi sebagai batuan induk, pengambilan contoh batuan tersebut untuk analisis geokimia yaitu TOC dan *Rock-Eval* pirolisis di laboratorium.



Sumber : Djuri, 1973

Gambar 1. Peta Geologi daerah Majalengka.

GEOLOGI UMUM

Geologi daerah Majalengka terdiri dari beberapa formasi, dari tua ke muda adalah Formasi Cinambo, Formasi Halang, Formasi Subang, Formasi Kaliwungu dan Formasi Citalang yang ditutupi oleh endapan volkanik Pleistosen (satuan breksi terlipat) dan endapan batuan gunungapi Kuarter (Djuri, 1973). Formasi Cinambo anggota batupasir disusun oleh batupasir greywake, batupasir gampingan, tufa, lempung dan lanau, sedangkan Formasi Cinambo anggota serpih disusun oleh batulempung dengan selingan batupasir, pasir gampingan dan pasir tufaan. Formasi Halang anggota bawah disusun oleh breksi gunungapi bersifat andesit dan basalt, tufa, lempung konglomerat; Formasi Cinambo anggota atas disusun oleh batupasir tufa, lempung konglomerat. Sedangkan Formasi Subang disusun oleh batulempung mengandung lapisan batugamping, abu abu tua. Formasi Kaliwungu disusun oleh batulempung dengan sisipan batupasir tufaan, konglomerat kadang dijumpai batupasir gampingan dan batugamping. Formasi Citalang disusun oleh batupasir tufaan, coklat muda, lempung tufaan, konglomerat, kadang dijumpai batupasir tufaan. Batuan volkanik breksi terlipat disusun oleh breksi volkanik dengan fragmen berkomposisi andesit, breksi tufaan, lempung tufaan dan greywake. Endapan gunungapi Kuarter terdiri atas breksi lava, lahar dan tufa.

Struktur yang berkembang di daerah ini adalah lipatan dan sesar, lipatan berupa sinklin dan antiklin yang melibatkan batuan – batuan berumur Miosen dengan sumbu lipatan berarah Baratlaut – Tenggara yang dipotong oleh sesar mendatar Utara baratlaut - selatan

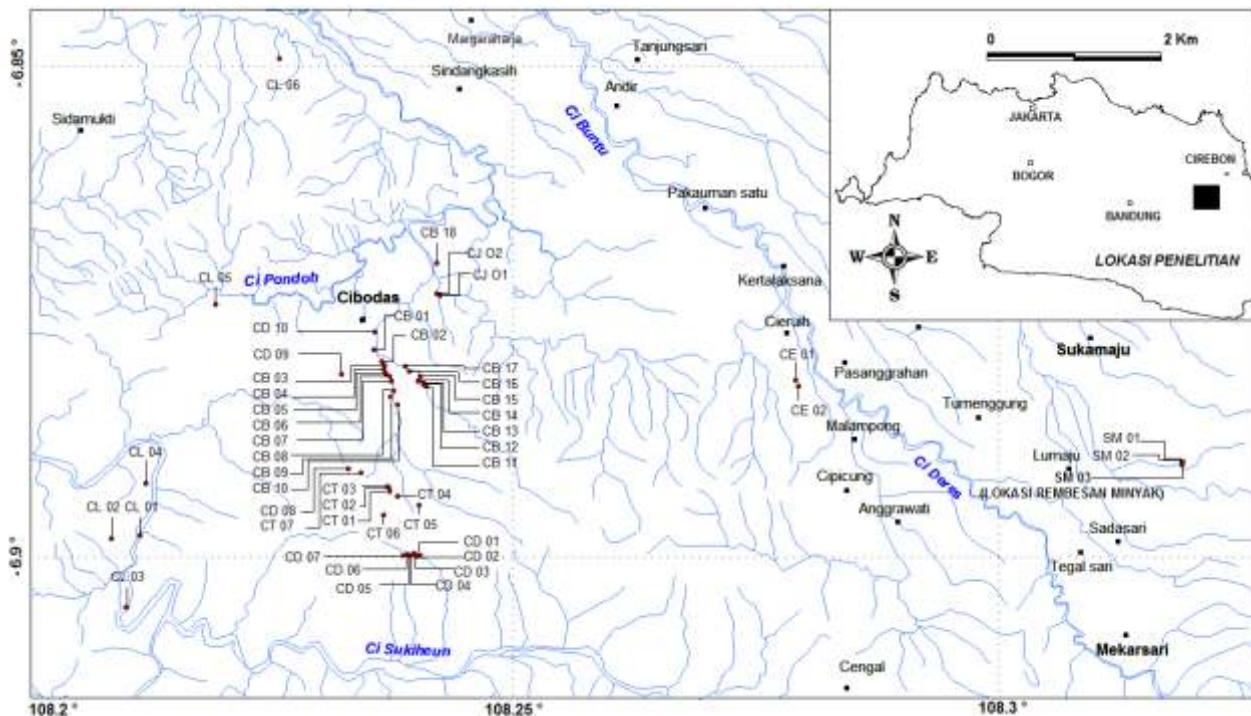
tenggara. Sesar naik yang membentuk tapal kuda membuka ke arah timurlaut melibatkan batuan bataun berumur Pliosen. (Gambar 1)

Juhaeni dan Martodjojo (1989) menyusun stratigrafi daerah Majalengka, urutan dari tua ke adalah Formasi Cisaar, Kelompok Cimanuk yang terdiri dari Formasi Cinambo, Formasi Cantayan, dan Formasi Bantarujeg. Di atas Kelompok Cimanuk diendapkan Formasi Subang, Formasi Kaliwungu, Formasi Citalang dan endapan paling atas adalah endapan volkanik Kuarter. (Gambar 2).

UMUR			STRATIGRAFI DAERAH MAJALENGKA	
KALA	ZONASI BLOW '89	KLASS. HURUF	DJURI (1972)	JUHAENI DAN SOEJONO, M. (1988)
PLETOSEN	N 23	Th	Hasil Gr. api Muda	Breksi Gunungapi
	N 22		Hasil Gr. api Tua Breksti terlipat	Fr. CITALANG
PLIOSEN	N 21	Tg	Fr. CITALANG	FORMASI KALIWUNGU
	N 20		Fr. KALIWUNGU	Fr. SUBANG
MIOSEN	N 19	TF1	Fr. SUBANG	Fr. BANTARUJEG
	N 18		ANGGOTA ATAS	Fr. CANTAYAN
TENGAH	N 17	TF1	ANGGOTA ATAS	Fr. CINAMBO
	N 16		ANGGOTA BAWAH	KELOMPOK CIMANUK
AWAL	N 15	Te5 - Tf3	FORMASI HALANG	
	N 14		FORMASI CISAAR	
	N 13	Te5 - Tf3	FORMASI CINAMBO	
	N 12		Tidak Tersingkap	
	N 11	Te5 - Tf3		
	N 10			
	N 9	Te5 - Tf3		
	N 8			
	N 7	Te5 - Tf3		
	N 6			

Sumber : Juhaeni drr., (1988)

Gambar 2. Stratigrafi daerah Majalengka.



Sumber : olahan penulis

Gambar 3. Peta lokasi pengamatan dan pengambilan contoh batuan

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian di Lapangan

Penelitian di lapangan pada tahun 2014 ini dilakukan di daerah Majalengka dan sekitarnya (Praptisih drr., 2014). Pengamatan singkapan batuan dilakukan pada Formasi Cinambo di lokasi-lokasi terpilih. Lokasi pengamatan dan pengambilan contoh batuan dituangkan dalam Gambar 3.

S. Cijurey.

Di dekat jembatan S. Cijurey dijumpai singkapan yang disusun oleh perselingan antara batupasir dan batulempung (Gambar 4A). Batupasir berwarna abu-abu hingga kekuningan, ukuran butir halus sampai sedang, berlapis dengan tebal lapisan berkisar antara 1–3 m. Batulempung berwarna abu-abu gelap hingga kecoklatan, menyerpih, dengan nodul-nodul batupasir. Pada lokasi ini didapatkan sesar dengan ditandai oleh milonit.

Citayem Kaler.

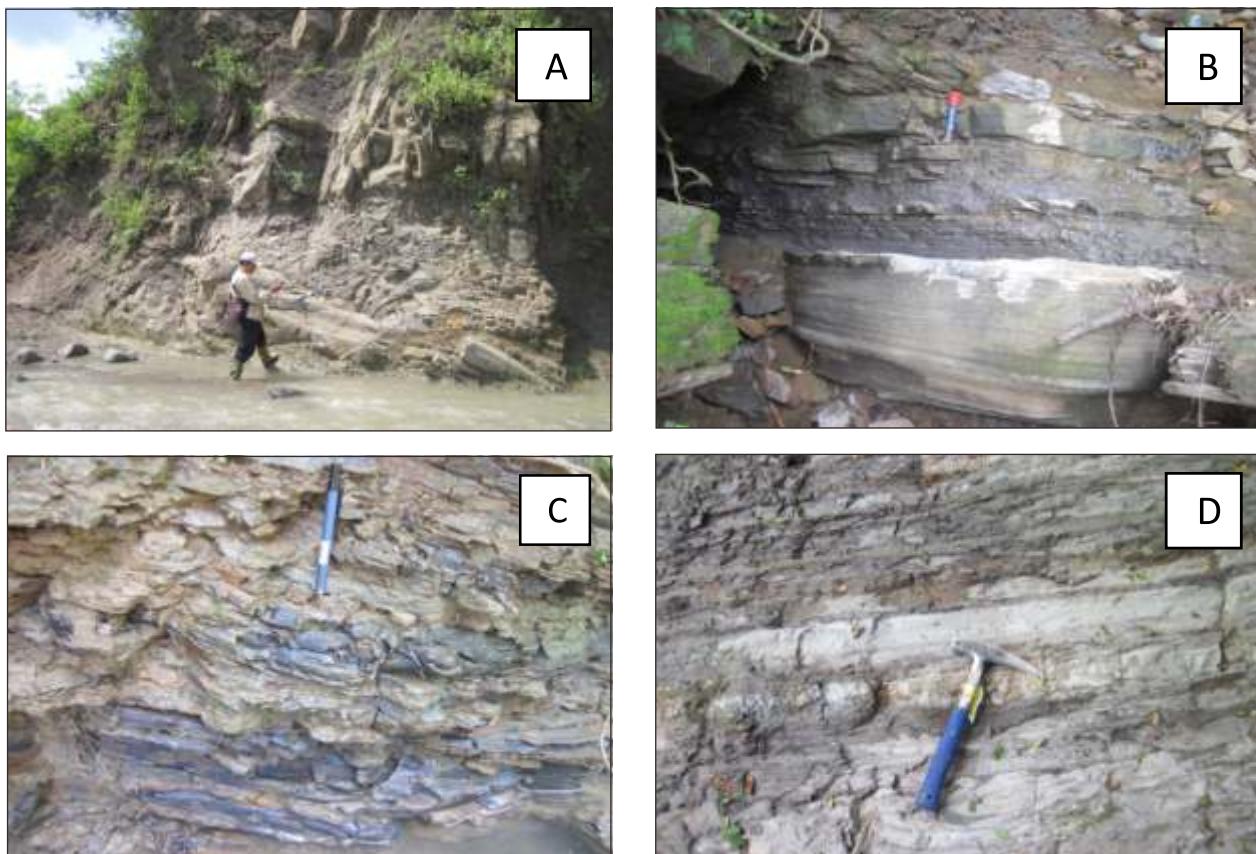
Di perbukitan di daerah Citayem kaler pada lokasi CT 01-04 didapatkan singkapan yang terdiri dari batupasir yang berselingan dengan batulempung dan serpih. Batupasir berwarna kuning keabuan, gampingan, berukuran halus hingga sedang, berlapis dengan tebal lapisan antara 5 – 10 cm. Batulempung berwarna abu-abu kehitaman, menyerpih, dan rapuh.

Di lokasi CT 05-07 di tebing S. Cibodas di daerah Citayem Kaler di jumpai singkapan yang disusun oleh selang seling antara batulempung, serpih dan batupasir (Gambar 4B). Batulempung berwarna abu-abu hingga kecoklatan, menyerpih dan berlapis dengan tebal lapisan antara 10–20 cm. Batupasir berwarna kuning kecoklatan, berlapis dengan tebal lapis antara 3 – 10 cm, didapatkan struktur sedimen paralel laminasi. Kemiringan lapisan pada lokasi CT 05 sebesar N 15° E/ 23°. Diperkirakan singkapan pada lokasi Citayem Kaler berdasarkan ciri-ciri litologinya termasuk pada Formasi Cinambo Atas (Anggota Batupasir).

Citayem Kidul.

Singkapan setebal 3 meter didapatkan pada lokasi CD 01 di bukit daerah Citayem Kidul terdiri dari batupasir yang berselingan dengan batulempung. Batupasir berwarna abu-abu, kompak, ukuran butir halus hingga sedang, berlapis dengan tebal lapisan 20 cm. Batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih, berlapis dengan serpih dan batupasir, tebal lapisan 1-2 cm (Gambar 4C).

Di lokasi CD 02-07 pada Sungai Gelatik di daerah Citayem Kidul dijumpai singkapan yang disusun oleh perselingan antara batupasir, batulempung dan sisiran kalsit.



Sumber : Dokumentasi penulis

Gambar 4. A. Perselingan batupasir dan lempung di Sungai Cijurey, B. Singkapan yang disusun oleh selang seling antara batulempung, serpih dan batupasir di lokasi Citayem Kaler. C. Batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih, berlapis dengan serpih dan batupasir, tebal lapisan 1- 2 cm di lokasi Citayem Kidul. D. Singkapan yang terdiri dari batupasir perselingan dengan batulempung di lokasi Cibodas.

Batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih, berlapis dengan tebal lapisan antara 0,5 – 1 cm dengan sisipan kalsit. Batupasir berwarna abu-abu hingga kuning kecoklatan, ukuran butir halus hingga sedang, kompak, berlapis dengan tebal lapisan 20 – 40 cm, didapatkan struktur sedimen paralel laminasi. Pada lokasi ini berdasarkan ciri-ciri litologinya termasuk dalam Formasi Cinambo bagian bawah (Anggota Serpih).

Cibodas.

Di belakang rumah penduduk pada lokasi CD 09 daerah Cibodas dijumpai singkapan yang terdiri dari batupasir perselingan dengan batulempung (Gambar 4D). Batupasir berwarna kuning agak putih, gampingan, ukuran butir halus sampai sedang didapatkan struktur sedimen *graded bedding*. Batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih didapatkan urat-urat kalsit.

Di lokasi CD 10, perpotongan antara Sungai Cibodas dengan jalan daerah Cibodas di dekat jembatan dijumpai singkapan dengan tebal kira-kira 50 meter

terdiri dari perselingan antara batupasir dan batulempung. Batupasir berwarna abu-abu hingga kuning kecoklatan, ukuran butir halus sampai sedang, kompak, berlapis dengan tebal lapisan 10 – 20 cm, didapatkan struktur sedimen paralel laminasi, silang siur dan *slump*. Batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih, berlapis dengan tebal lapisan 20–40 cm.

Lokasi Sungai Cibodas.

Pada Sungai Cibodas di lokasi CB 01-10 dijumpai singkapan yang terdiri dari *graywacke* yang berwarna kuning kecoklatan. Di atasnya diendapkan batupasir berwarna abu-abu, ukuran halus sampai sedang, di dapatkan struktur sedimen paralel laminasi, *load cast*, silang siur, gampingan, nodul-nodul batulempung. Selanjutnya di endapkan perselingan antara batuapsir, serpih dan lempung. Batupasir berwarna abu-abu berlapis dengan serpih dengan tebal lapisan antara 0,5 – 2 cm. Batulempung, berwarna abu-abu gelap dengan tebal lapisan 5 – 10 cm, menyerpih dan di dapatkan urat-urat kalsit.



Sumber : Dokumentasi penulis

Gambar 5. A. Rembasan minyak di area persawahan lokasi Sukamurni Desa Maja. B. Singkapan yang terdiri dari selang seling antara batupasir dan batulempung di lokasi Sungai Cilutung

Berdasarkan ciri-ciri litologinya lokasi ini diperkirakan termasuk dalam Formasi Cinambo Atas.

Lokasi CB 11-18 terletak di Sungai Cigayung yang merupakan cabang dari Sungai Cibodas didapatkan singkapan yang terdiri paling bawah adalah konglomerat berwarna abu-abu, fragmen andesit. Diatas perselingan dari *graywacke*, batupasir dan lempung. Batupasir berwarna abu-abu kecoklatan sampai kemerahan karena oksidasi, didapatkan struktur sedimen paralel laminasi, *convolute* dan silangsiur. Batulempung berwarna abu-abu, getas, didapatkan urat-urat kalsit.

Sukamurni, Kecamatan Maja.

Di daerah Sukamurni, Kecamatan Maja dijumpai rembesan minyak (Gambar 5A) di area persawahan. Pada lokasi ini merupakan tempat pemboran pada Zaman Belanda yang dilakukan oleh John Reinick warga Belanda yang sekarang sudah tertutup oleh tumbuhan alang-alang. Keterangan dari penduduk setempat Bp. Darsam kira-kira 50 tahun yang lalu rembesan minyak di lokasi ini masih dimanfaatkan oleh penduduk setempat untuk memasak dengan cara mengumpulkan rembesan minyak dan dipanaskan. Saat ini sisa-sisa rembesan masih ada dalam jumlah sedikit dan bercampur air. Pada lokasi ini diambil 2 contoh batu lempung (SM 01-02) dan 1 contoh lumpur bercampur aspal dan minyak bercampur air (SM 03).

Di lokasi Cierih dijumpai singkapan bagian bawah terdiri dari batupasir, berwarna abu-abu, ukuran butir sedang, tufaan. Diatasnya didapatkan batulempung, berwarna hitam, menyerpih, dengan nodul-nodul batupasir tufaan.

Buniasih.

Di Sungai Cilutung daerah Buniasih pada lokasi CL 01 dijumpai singkapan yang terdiri dari selang seling antara batupasir dan batulempung (Gambar 5B). Batupasir berwarna abu-abu, berlapis dengan tebal lapisan 10-20 cm. Batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih tebal lapisan 1-5 cm.

Di lokasi CL 02 Dijumpai singkapan dengan kemiringan lapisan tegak yaitu N310°E/83°terdiri dari paling bawah batulempung setebal 3 meter, berwarna abu-abu gelap, menyerpih. Diatasnya perselingan batupasir dan batulempung dan serpih. Batupasir berwarna kuning keabuan, ukuran butir halus sampai sedang, didapatkan urat-urat kalsit, struktur sedimen paralel laminasi, berlapis dengan tebal lapisan 1-20 cm. batulempung, berwarna abu-abu gelap, menyerpih, tebal lapisan 2-5 cm.

Di lokasi CL 03 didapatkan singkapan yang terdiri dari perselingan batupasir dengan batulempung dengan kemiringan lapisan sebesar N135°E/75°. Batupasir berwarna abu-abu, ukuran butir halus - sedang, didapatkan struktur sedimen paralel laminasi, kompak, ketebalan lapisan 5 – 10 cm. batulempung berwarna abu-abu gelap, menyerpih, ketebalan lapisan 30 – 50 cm.

Lokasi 04 yang terletak di dekat jembatan sungai Cilutung didapatkan singkapan yang terdiri dari paling bawah batupasir berlapis tebal antara 30 sampai 40 cm, berwarna abu-abu kecoklatan, ukuran butir sedang hingga kasar, didapatkan struktur sedimen paralel laminasi, *slump*, *convolute*, *graded bedding*. Diatasnya diendapkan perselingan antara batupasir dan batulempung. Batupasir berlapis dengan ketebalan lapisan 2-5 cm, batulempung berwarna abu-abu gelap dengan ketebalan lapisan 5 cm.

CL 05-06 di daerah Babakan Jawa dijumpai singkapan batuempung berwarna abu-abu kehitaman.

Analisis Geokimia

Analisis geokimia dilakukan pada contoh batuempung yang diambil dari Formasi Cinambo meliputi analisis TOC dan pirolisis *Rock-Eval* TOC sebanyak 14 buah.

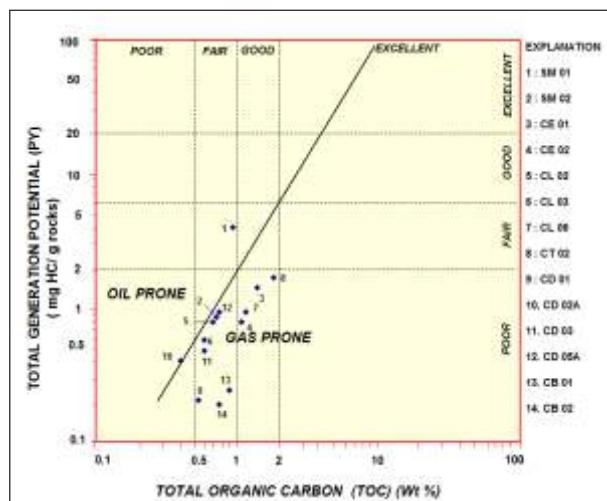
Analisis Pirolisis *Rock-Eval* dilakukan pada contoh yang mempunyai kandungan TOC $> 0,50\%$ untuk mengetahui kandungan indek produksi (PI), Indek Hidrogen dan temperatur maksimum pembentukan hidrokarbon dari kerogen. Di daerah penelitian dianalisis sebanyak 14 contoh pada batuempung yang diambil dari Formasi Cinambo. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 1.

Potensi dan tingkat kematangan thermal hidrokarbon

Batuhan induk Formasi Cinambo di daerah Majalengka mempunyai nilai TOC antara 0,42-1,90 %, termasuk kategori rendah hingga baik membentuk hidrokarbon (Petters, 1986).

Diagram kandungan organik karbon (TOC) versus kandungan hidrokarbon (PY) dapat memberikan gambaran potensi dalam batuan sumber (Gambar 6). Diagram ini menunjukkan bahwa dari 14 contoh batuempung Formasi Cinambo daerah Majalengka,

satu contoh (SM 01) termasuk dalam kategori sedang dengan kandungan TOC sebesar 0,97 % dan nilai PY sebesar 3,77 mg HC/g. Tiga belas contoh lainnya (SM02, CE 01, CE 02, CL 02, CL 03, CL 06, CT 02, CD 01, CD 02A, CD 03, CD 05A, CB 01 dan CB 02) termasuk kategori rendah yaitu dengan kandungan hidrokarbon (PY) berkisar antara 0,12 sampai 1,88 mgHC/g dan kandungan organik karbon (TOC) berkisar antara 0,42 sampai 1,90 %.



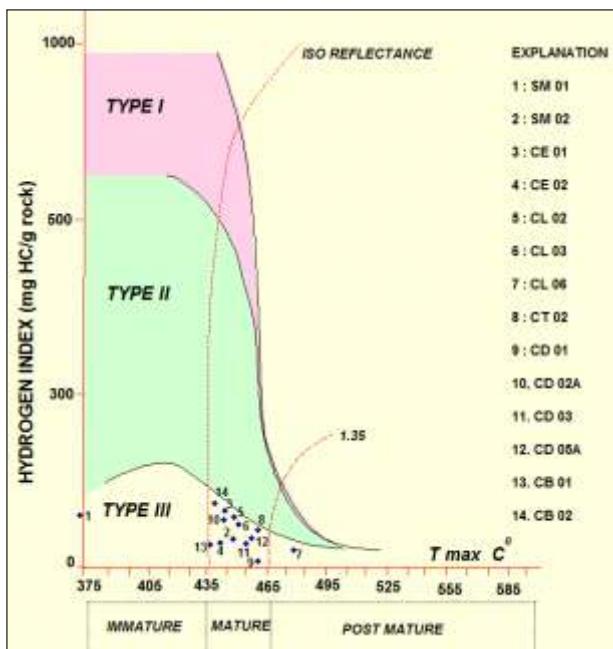
Sumber : Gambar olahan penulis

Gambar 6. Ploting semua contoh pada diagram TOC terhadap Total Generation Potential (PY)

Tabel 1. Hasil Analisis TOC dan Pirolisis Rock Eval

No	Sampel	Litologi	TOC (%)	S1	S2	S3	PY	PI	Tmax (°C)	HI	OI
				Mg/g							
1	SM01	Batuempung	0,97	2,67	1,10	0,42	3,77	0,71	359	114	43
2	SM02	Batuempung	0,66	0,30	0,49	0,44	0,79	0,38	444	74	66
3	CE01	Batuempung	1,32	0,24	1,34	0,27	1,58	0,15	443	101	20
4	CE02	Batuempung	1,18	0,15	0,70	0,41	0,85	0,18	442	59	35
5	CL02	Batuempung	0,77	0,13	0,72	0,02	0,85	0,15	445	93	3
6	CL03	Batuempung	0,64	0,19	0,49	0,09	0,68	0,28	451	77	14
7	CL06	Batuempung	1,02	0,30	0,44	0,02	0,74	0,41	475	43	2
8	CT02	Batuempung	1,90	0,19	1,69	0,55	1,88	0,10	449	89	29
9	CD01	Batuempung	0,60	0,05	0,07	0,15	0,12	0,42	446	12	25
10	CD02A	Batuempung	0,42	0,17	0,36	0,01	0,53	0,32	443	85	2
11	CD03	Batuempung	0,64	0,10	0,37	0,41	0,47	0,21	454	58	64
12	CD05A	Batuempung	0,72	0,24	0,56	0,10	0,80	0,30	452	78	14
13	CB01	Batuempung	0,85	0,07	0,49	0,30	0,56	0,13	435	58	35
14	CB02	Batuempung	0,78	0,12	0,89	0,02	1,01	0,12	440	114	3

Sumber : Data olahan penulis



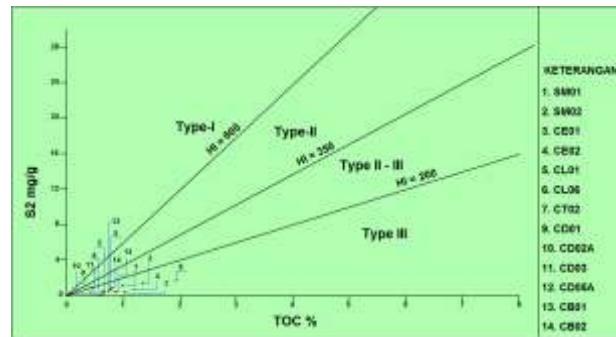
Espitalié, J., 1984, op.cit Mukhopadhyay, 1995

Gambar 7. Ploting semua contoh pada diagram Tmax terhadap indeks hidrogen yang memperlihatkan tipe kerogen dan tingkat kematangan.

Diagram *Hydrogen Index* (HI) versus *Temperature maximum* (Tmax) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, memperlihatkan bahwa kematangan *thermal* contoh batuan Formasi Cinambo termasuk matang akhir (*post mature*) sebanyak 1 contoh (CL 06) dengan nilai Tmax sebesar 475°C. Untuk 12 contoh yang lain (SM 02, CE 01, CE 02, CL 02, CL 03, CT 02, CD 01, CD 02A, CD 05A, CB 01 dan CB 02) dengan nilai Tmax sebesar 435–452°C menunjukkan tingkat kematangan *thermal* matang (*mature*). Satu contoh sisanya (SM 01) dengan nilai Tmax sebesar 359°C termasuk dalam kategori belum matang.

Diagram *Hydrogen index* versus Tmax (Gambar 5) juga dipakai untuk menentukan tipe kerogen, dari ke 14 contoh batuan Formasi Cinambo di daerah penelitian setelah diplot pada diagram tersebut memberikan gambaran tipe kerogen III. Diagram TOC versus S2 (Langford, 1990) juga menunjukkan bahwa 14 contoh batuan Formasi Cinambo di daerah penelitian juga termasuk dalam kerogen tipe III (gambar 8).

Dari 14 contoh yang dianalisis setelah diplot pada diagram TOC versus Py (Gambar 6) menunjukkan 1 contoh yaitu SM 01 dengan nilai TOC sebesar 0,97 % dan PY sebesar 3,77 mgHC/g termasuk *Oil Prone*. 13 contoh yang lain dengan nilai TOC berkisar antara 0,42–1,90% dan PY sebesar 0,12–1,88 mgHC/g menempati *Gas Prone*.



Sumber : Gambar olahan penulis

Gambar 8. Diagram TOC versus S2 , ploting 14 contoh batulempung pada Formasi Cinambo daerah Majalengka.

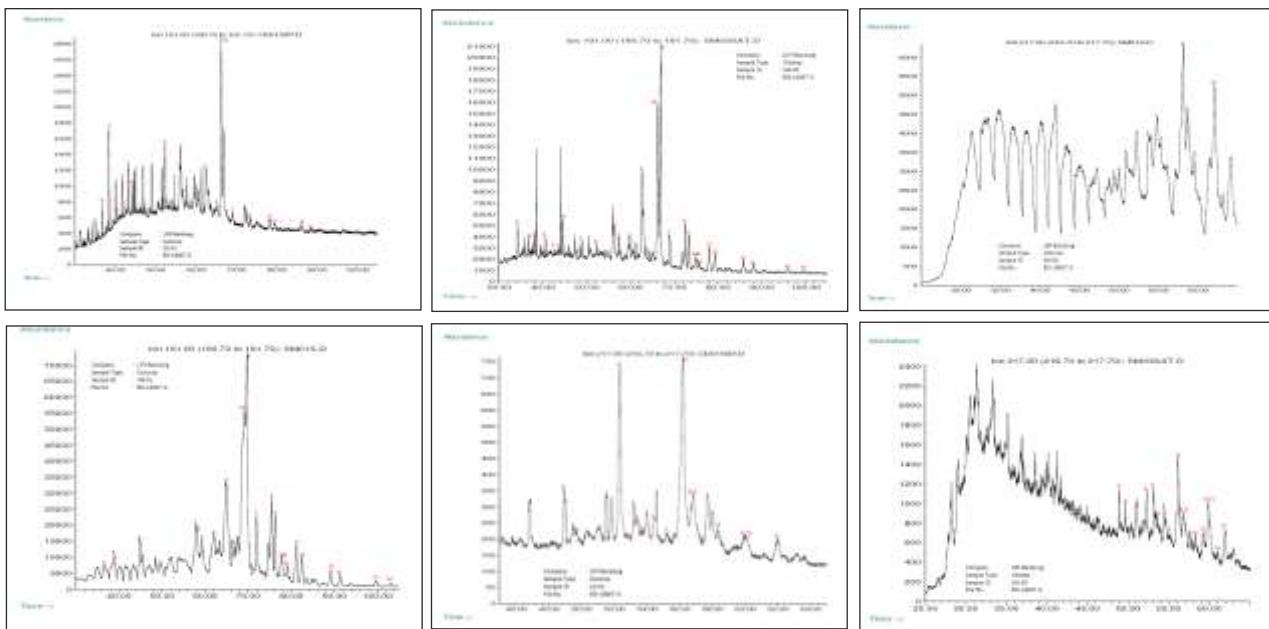
Berdasarkan klasifikasi fasies organik menurut Jones, 1987 , dapat digolongkan menjadi 2 fasies organik yaitu fasies organik D dengan nilai Indek Hidrogen berkisar antara 12- 43 mg HC/TOC (2 contoh) dan fasies organik CD dengan nilai HI antara 58 – 114 mg HC/TOC (12 contoh).

Potensi kerogen berdasarkan Indek Hidrogen (HI) menurut Waples, 1985 dibagi menjadi :

1. Indek Hidrogen < 150 mg HC/TOC dapat menghasilkan gas dengan kuantitas kecil
2. Indek Hidrogen $150 – 300$ mg HC/gTOC dapat menghasilkan minyak dan gas dengan kuantitas kecil.
3. Indek Hidrogen $300 – 450$ mg HC/gTOC dapat menghasilkan miyak dengan kuantitas sedang.
4. Indek Hidrogen $450 – 600$ mg HC/gTOC dapat menghasilkan minyak dengan kuantitas banyak.
5. Indek Hidrogen > 600 mg HC/gTOC dapat menghasilkan minyak dengan kuantitas sangat banyak.

Dari hasil analisis *Rock-Eval* di daerah penelitian mempunyai nilai Indek Hidrogen berkisar antara 12 hingga 114 mg HC/gTOC, dapat menghasilkan gas dengan kuantitas rendah (Waples, 1985).

Analisis CG-MS biomarker (*Chromotography Gas-Mass Spectrometry*) dilakukan pada dua singkapan batuan (CD 01 dan SM 01) dan satu rembesan minyak (SM03) pada fraksi saturat dan aromat. Hasil analisis ditunjukkan pada Gambar 9. Fragmentogram massa m/z 191 menunjukkan bahwa ekstrak batuan dan rembesan minyak sebagian besar mempunyai distribusi terpana trisiklik dan tetrasiklik yang jumlah atom karbonnya berkisar dari C19 sampai C27 (Senyawa A-J pada m/z 191).

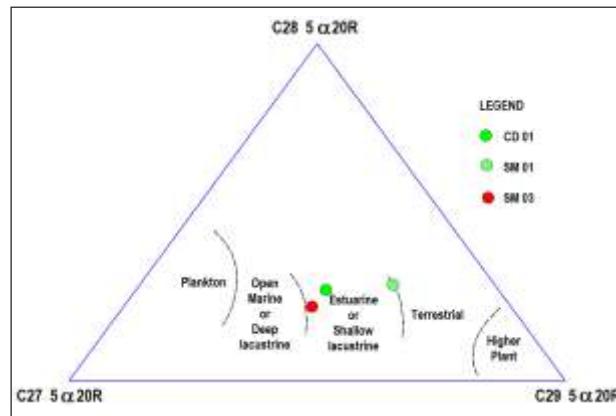


Sumber : Gambar olahan penulis

Gambar 9. Hasil analisis CG-MS biomarker (*Chromotography Gas-Mass Spectrometry*) pada dua singkapan batuan (CD 01 dan SM 01) dan satu rembesan minyak (SM03)

Jumlah C19 dan C20 (Puncak “A-C”) senyawa trisiklik relatif terhadap senyawa trisiklik C23 (Puncak “F”) merupakan suatu indikasi fasies sumbernya berasal dari material tanaman darat. Munculnya puncak “R” pada m/z 191, senyawa ini didefinisikan sebagai C30 resin bicadinanes yang merupakan petunjuk secara langsung adanya material resin dan diperkirakan pembentuk lingkungan endapan darat, terutama di seluruh Asia Tenggara (Cox *et al.*, 1986). Hadirnya 18 α (H)-Oleanana pada percontoh minyak atau ekstrak, di mana senyawa ini diperkirakan adalah tanaman darat, terutama tumbuhan-tumbuhan berbunga atau angiospermae yang mulai berevolusi sejak zaman Kapur. Oleanana sering ditemukan pada percontoh yang berasal dari sedimen deltaik berumur Kapur atau lebih muda (Tersier). Berbeda dengan Formasi Cinambo di sini, hasil penelitian Hermiyanto dan Panggabean (2014) terhadap Formasi Sinamar berumur Oligosen di Jambi, Sumatera bahwa batuan sumber (*source rock*) tersebut adalah merupakan endapan lakustrin dengan dominan tipe kerogen I.

Pada Fragmentogram Massa dari Biomarker Sterana (m/z 217) menunjukkan sterana diperkirakan berasal dari sterol yang ditemukan di dalam tanaman darat dan alga. Hasil perhitungan diperoleh rasio hopana/sterana yaitu berkisar antara 1.03 hingga 1.95. Parameter tersebut menandakan bahwa minyak atau ekstrak batuan induknya mengandung material organik yang berasal dari tanaman darat dan alga. C29 sterana (37.97-



Sumber : Huang dan Meinschein's, 1979
dalam Waples and Machihara, 1991

Gambar 10. Komposisi sterana dan lingkungan pengendapan batuan induk Formasi Cinambo di daerah Majalengka.

51.03%) mempunyai proporsi yang relatif dari C27 sterana (20.69-40.51%) pada percontoh ekstrak dan rembesan minyak (CD-01, SM-01 dan SM-03), hal ini merupakan bukti kuat bahwa material organiknya berasal dari darat. Dari perhitungan persentase luas jumlah karbon tersebut dan diplot ke diagram segitiga (Huang dan Meinschein, 1979) pada gambar 10, diperoleh lingkungan pengendapan darat. Tidak adanya komponen dari 4-methylsteranes menunjukkan tidak adanya kontribusi dari dinoflagellata yaitu material ganggang yang biasa hidup di danau (Brassel drr, 1986., Wolf drr., 1986 dalam Kevin M. Robinson, 1987).

KESIMPULAN

Batuan induk Formasi Cinambo di daerah Majalengka mempunyai nilai TOC 0,12 – 1, termasuk dalam kategori rendah hingga baik membentuk hidrokarbon. Kematangan thermal dengan nilai Tmax 359 – 475 dapat digolongkan dalam kategori belum matang (*immature*) hingga paska matang (*post mature*). tipe kerogen berdasarkan diagram TOC versus Py dan diagram TOC versus S2 dari ploting 14 contoh dari daerah penelitian termasuk tipe kerogen III. Berdasarkan kandungan Indek Hidrogen (HI) sebesar 12 – 114 mg HC/g TOC, fasies organik Formasi Cinambo di daerah penelitian bisa dibedakan 2 fasies organik yaitu fasies CD dan D, dapat menghasilkan gas

dengan kuantitas relatif kecil dan termasuk *oil prone* dan *gas prone*. Hasil analisa CG-SM biomarker (*Chromotography Gas-Mass Spectrometry*) menunjukkan bahwa batuan induk di daerah penelitian mempunyai kondisi lingkungan pengendapan yang material organiknya berasal dari tanaman darat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih ditujukan kepada Kepala Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI dan P2K TA 2014 beserta stafnya atas dukungannya dalam penelitian lapangan hingga penulisan makalah ini. Kepada teman-teman peneliti kami mengucapkan terimakasih atas pemberian saran dan diskusinya.

ACUAN

- Clements, B., Hall, R, Smyth, H. R. & Cottam, M. A. (2009). Thrusting of a volcanic arc: a new structural model for Java. *Petroleum Geoscience*, 15(2), 159-174.
- Cox, H.C., Leeuw, J.W., Schenk, P.A. et al., 1986. Bicadinane, a C30 pentacyclic isoprenoid hydrocarbon found in crude oil. *Nature*, pp. 316-319.
- Djuhaeni & Martodjojo, 1989, Stratigraphy of Majalengka area and relationships with nomenclature of lithostratigraphy units in Bogor basin, *Geologi Indonesia*, 12 (1), 227-252.
- Djuri, 1973, *Peta Geologi Lembar Majalengka, Jawa. Skala 1 : 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Einsele, G., 2000, *Sedimentary Basins : Evolution, Facies, and Sediment Budget*, Springer-verlag, Berlin, 2nd, p. 706 –722
- Hermiyanto, M.H.Z & Panggabean, H. 2014. Hydrocarbon Source Rock Potential of the Sinamar Formation, Muara Bungo, Jambi. *Indonesian Journal on Geoscience*, Vol. 1 No. 1, April 2014, p.53-64.
- Hermiyanto, M.H.Z., Panggabean, H., Hendarmawan dan Syafri, I. 2015. Dinamika kehadiran Material Organik pada Lapisan Serpih Formasi Kelesa di Daerah Kuburan Panjang, Cekungan Sumatera Tengah, Riau. *Jurnal Geologi dan Sumberdaya Mineral*, Vol. 16, No. 4., November 2015. p.171-181
- Kevin M. R, 1987, An Overview of Source Rock and Oil In Indonesia. *Procceding Indonesian Petroleum Association. Sixteenth Annual Convention*, Oktober 1987.
- Koesoemadinata, R. P. & Martodjojo, S. (1974). Penelitian Turbidit di Pulau Jawa. Annual report geology, 1295/74, 12-24.
- Langford, F.F., and Balnc-Valleron, M. M., 1990, Interpreting Rock-Eval pirolisis data using pyrolyzable hydrocarbons versus total organic carbon : *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, v 74 p. 799-804.
- Martodjojo, S. (1984). *Bogor basin evaluation, West Java* (Evolusi Cekungan Bogor, Jawa Barat), Doctor thesis, ITB. Bandung, Indonesia: Institut Teknologi Bandung press.
- Mukhopadhyay, P. K., Wade J.A., Gruge M. A., 1995, organic facies and maturation of Jurassic/ cretaceous rocks, and possible oil-source rock correlation based on pyrolysis of asphaltenes, Scotian Basin Canada, *Org. Geochem.*, Vol. 22, No.1, pp. 85- 104.

- Budi, M., Watanabe, K., 2012, Modal and sandstone Composition of Representative Turbidite from the Majalengka Sub-Basin, West Java Indonesia. *Journal of Geography and Geology* vo.. 4 No. 01. March 2012. P. 1-17.
- Peters, K.E., 1986, Guidelines for evaluating petroleum source rock using programmed pyrolysis. *American Association of Petroleum Geology, Bulletin*, 70, p.1-36.
- Praptisih, Kamtono, Trisuksmono, J., dan Tatang, A., 2014, Batuan Induk Hidrokarbon di daerah Majalengka dan sekitarnya, Jawa Barat. Laporan Penelitian Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI Tahun 2014.
- Satyana, A.H., Armandita C., 2004. Deepwater Plays of Java, Indonesia: Regional Evaluation on Opportunities and Risks. *Proc. Deepwater And Frontier Exploration In Asia & Australasia Symposium*, Indonesian Petroleum Association.
- Subroto, E.A., 2015. The Role of coaly materials as oil and gas source rocks (Conventional and Unconventional) in the Kutai Basin, Indonesia. *Proceeding and Abstract of 32nd Ann. Meeting of the Society for Organic Petrology*, Vol. 32, Yogyakarta, Indonesia. p 123-128.
- Van Bemmelen, R.W., 1949: *The Geology of Indonesia*. Vol. IA, General Geology of Indonesia and adjacent archipelagos, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherlands.
- Waples D.W.,1985. *Geochemistry in Petroleum Exploration*, International Human Resources Developmen Co., Boston, 232 h.
- Waples, D.W. and Machihara, 1991. *Biomarker for Geologist-A Practical Guide to the Application of Steranes and Triterpanes in Petroleum Geology*. American Association of Petroleum Geologists. Methods in Exploration Series, 9, 91pp.

